UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DEN

DIREKTEN UND INDIREKTEN

EINFLUSS DES LICHTES

AUF DIE

ATHMUNG DER GEWÄCHSE.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

FRIEDRICH AEREBOE
AUS HAMBURG.

(MIT EINEM HOLZSCHNITT UND EINER TAFEL.)

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1893.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DEN

DIREKTEN UND INDIREKTEN

EINFLUSS DES LICHTES

AUF DIE

ATHMUNG DER GEWÄCHSE.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

FRIEDRICH AEREBOE
AUS HAMBURG.

(MIT EINEM HOLZSCHNITT UND EINER TAFEL.)

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1893.

Separatabdruck aus »Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik«
(Zentralblatt für Bodenphysik, Agrarmeteorologie und Pflanzenphysik).
Herausgegeben von Prof. Dr. E. Wollny. Band XVI. Heft 5.

DEM ANDENKEN

SEINES HOCHVEREHRTEN LEHRERS UND GÖNNERS

HERRN COLLEGIENRATH

KARL DANNENBERG,

WEIL. OBERLEHRER UND INSPEKTOR
DES KURLÄNDISCHEN GOUVERNEMENTSGYMNASIUMS IN MITAU

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Die experimentellen Arbeiten nachstehender Abhandlung führte ich im letzten Jahre meiner Thätigkeit als Assistent an der landwirthschaftlichen Versuchsstation Jena, im landwirthschaftlich-physiologischen Laboratorium aus, in welchem mir von dem Vorstande, Herrn Prof. Dr. *Brümmer*, bereitwilligst ein Zimmer für meine Untersuchungen zur Verfügung gestellt war.

Rath und Beistand bei meinen Arbeiten ertheilte mir Herr Dr. *Detmer*, Professor der Botanik in Jena. Beiden Herren spreche ich für ihre Unterstützung auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.

Untersuchungen über den direkten und indirekten Einfluß des Lichtes auf die Athmung der Gewächse.

(Mit einer Tafel.)

Von A. F. Aereboe,[1])
Landwirthschaftslehrer an der landwirthschaftlichen Schule in Heide (Holstein).

Die nachstehende Arbeit soll einen Beitrag zur Kenntniß der Athmung der Pflanzen liefern.

Diejenigen Punkte, auf welche sich die Untersuchungen erstrecken, lassen sich in folgender Weise präzisiren:

1. Ueber den direkten Einfluß des Lichtes auf die Athmung der Gewächse.
2. Ueber den indirekten Einfluß des Lichtes auf dieselbe.
3. Existirt eine durch das Licht induzirte tägliche Periodizität der Pflanzenathmung?

Geschichtliches.

Experimente in Bezug auf Pflanzenathmung sind bereits häufig ausgeführt worden. Die Litteratur dieses Gegenstandes ist eine umfangreiche. Unsere Kenntnisse über den äußerst wichtigen physiologischen Athmungsprozeß sind trotzdem noch immer nicht sehr eingehende. Dieses bezieht sich auch auf die Abhängigkeit desselben von äußeren Einflüssen. Am genauesten wurde von diesen noch die Wirkung der Temperatur studirt. Auch die Arbeiten über den Einfluß des partiären Sauerstoffdruckes auf

[1]) Die experimentellen Arbeiten nachstehender Abhandlung führte ich im letzten Jahre meiner Thätigkeit als Assistent an der landwirthschaftlichen Versuchsstation Jena im landw.-physiologischen Laboratorium aus, in welchem mir von dem Vorstande, Herrn Prof. Dr. *Brümmer,* bereitwilligst ein Zimmer zur Verfügung gestellt war.

Rath und Beistand bei meinen Arbeiten ertheilte mir Herr Dr. *Detmer,* Prof. der Botanik in Jena. Beiden Herren spreche ich auch an dieser Stelle für ihre Unterstützung meinen wärmsten Dank aus.

die Athmung sind verhältnißmäßig zahlreich. Solche dagegen, welche sich mit dem Einfluß des Lichtes auf die Athmung der Gewächse beschäftigen, sind nur wenige vorhanden. Dieselben wurden zum größten Theil auch nur nebenher und häufig mit unvollkommenen Methoden angestellt.

A. Der direkte Einfluß des Lichtes auf die Athmung der Pflanzen.

Vom theoretischen Standpunkte aus ist es nicht möglich, die Frage nach der direkten Beeinflussung der Pflanzenathmung durch das Licht sicher zu entscheiden.

Es liegt offenbar die Möglichkeit vor, daß das Licht die Athmung der Gewächse erhöht. Eine Steigerung der Kohlensäureproduktion durch Lichtwirkung ist wenigstens für viele Zellen denkbar, da man, wie *Pfeffer*[1]) schon betont, weiß, daß die Kohlensäurebildung aus organischen Säuren bei Gegenwart reduzirbarer Stoffe im Licht gesteigert werden kann[2]).

Denkbar ist aber auch eine Herabsetzung der Athmungsgröße beleuchteter Pflanzen oder ein Gleichbleiben derselben bei wechselnden Beleuchtungsverhältnissen.

Nur das Experiment kann hier sicheren Aufschluß gewähren.

Die Untersuchungen, welche bislang über unseren Gegenstand angestellt worden sind, führten, wie wir sehen werden, zu sehr verschiedenartigen Resultaten. Einer Kritik derselben stellen sich aber große Schwierigkeiten entgegen, weil häufig die Angaben über die benutzten Methoden ziemlich lückenhaft sind.

Die älteste Anschauung war, daß das Licht die Athmungsintensität in geringem Grade steigere, sie stützte sich auf die Untersuchungen von *Morot*[3]) und *Cahours*[4]). Ersterer Autor fand, daß sowohl bei direktem Sonnenlichte, wie bei diffusem Lichte von chlorophyllfreien Pflanzentheilen etwas mehr Kohlensäure ausgeschieden werde als im Dunkeln. Bei seinen Experimenten scheinen die Temperaturen jedoch keineswegs konstant gewesen zu sein. *Cahours,* welcher mit Blüthen von Ranunculus-Arten, Liliaceen, Nymphaea alba etc. experimentirte, giebt an, daß sich

[1]) Vergl. *Pfeffer.* Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. I. p. 376.

[2]) Freilich ist eine solche Steigerung nicht ohne Weiteres einer Erhöhung der Athmungsgröße gleichzusetzen.

[3]) Vergl. *Morot.* Annales des sciences naturelles, 3e Série. 1885. T. III. p. 206.

[4]) Vergl. *Cahours.* Comptes rendus. Paris 1864. Bd. 58. p. 1206.

bei Beleuchtung ein wenig mehr Kohlensäure bilde als im Dunkeln. In verschiedenen Fällen war jedoch die ausgeschiedene Kohlensäuremenge unter beiden Verhältnissen die gleiche. Zu ähnlichen Resultaten gelangte auch *Drude* [1]) bei Untersuchung der Monotropa Hypopitys, nur daß die Differenz der im Licht und im Dunkeln ausgeschiedenen Kohlensäuremenge eine noch geringere war als bei den vorigen Versuchen.

Im vollkommenen Gegensatz zu diesen Resultaten steht die Anschauung von *Déhérain* und *Moissau* [2]). Sie halten sich für berechtigt, aus ihren Versuchen den Schluß zu ziehen, daß bei verminderter Beleuchtung eine energischere Athmung stattfinde als bei starker, obwohl sie den strikten Beweis hierfür schuldig bleiben.

Von besonderer Bedeutung für unsere Frage sind die Untersuchungen von *Wolkoff* und *Mayer* [3]). Bei diesen wurde jedoch nicht die von den Pflanzen ausgeschiedene Kohlensäure, sondern der direkte Verbrauch an Sauerstoff auf volumetrischem Wege gemessen.

Die Versuchsansteller experimentirten mit Keimpflanzen von Weizen, Tropaeolum majus, Buchweizen, Vicia faba etc., und kommen nach einer großen Anzahl von Beobachtungen zu dem Schluß, daß das Licht keinen erheblichen Einfluß auf die Athmungsgröße besitzt.

Beachtenswerth ist bei diesen Untersuchungen, daß in einer zuerst durchgeführten Reihe von Experimenten, bei denen geringe Temperaturschwankungen, in Folge der Einwirkung des Lichtes, nicht ganz umgangen werden konnten, eine geringe Erhöhung der Athmungsintensität stattgefunden zu haben schien, während bei späteren Versuchen, in Folge der immer vervollkommneten Methode und Technik, bei Benutzung derselben Pflanzen, diese scheinbar durch das Licht hervorgerufene Steigerung der Athmung völlig verschwand.

Die Verfasser gestehen selber, daß bei ihrer Art der Versuchsanstellung, bei welcher die Lichtstrahlen direkt auf den Apparat fallen, es äußerst schwierig ist, beim Wechsel zwischen Dunkelheit und direktem

---

[1]) Vergl. *O. Drude.* Die Biologie von Monotropa. Göttingen 1873.

[2]) Vergl. *Déhérain* und *Moissau.* Annales des sciences naturelles. 1874. T. 19. p. 321. .

[3]) Vergl. *Wolkoff* und *Mayer.* Landwirthschaftliche Jahrbücher. 1874. p. 481.

Sonnenlichte eine geringe Temperatursteigerung trotz vollkommener Kühlvorrichtungen auszuschließen. Im Uebrigen gehören diese Versuche zu den genauesten und am sorgfältigsten durchgeführten, die über unsere Frage vorliegen.

Zu vollkommen mit *Wolkoff*'s und *Mayer*'s Untersuchungsresultaten in Einklang stehenden Ergebnissen kam auch *Morgen* [1]) in einer Arbeit über den Assimilationsprozeß der keimenden Kresse.

Er kultivirte seine Untersuchungsobjekte in kohlensäurefreier Luft, aber theils im Licht, theils im Halbdunkel. Die Trockensubstanzverluste waren in allen Fällen nahezu dieselben. Hieraus ergiebt sich mit höchster Wahrscheinlichkeit die Schlußfolgerung, daß die Pflanzen unter den verschiedenen bezeichneten Bedingungen die nämliche Athmungsintensität unterhalten haben müssen.

Ebenso wie *Wolkoff* und *Mayer*, so geht auch *Pauchon* [2]) bei seinen Untersuchungen von der Absorption des Sauerstoffs durch die Pflanzen aus, gelangt jedoch zu wesentlich anderen Resultaten. Auch er experimentirte mit keimenden Samen und kommt zu dem Schlusse, daß die Sauerstoffabsorption um so größer ist, je stärker das Licht wirkt. Im Halbdunkel ist ein Einfluß nicht mehr nachweisbar. Sind die Versuchspflanzen längere Zeit vom Lichte beschienen, so verschwindet die erhöhte Absorption nicht sofort mit der Entziehung des Lichtes wieder, sondern setzt sich in der Dunkelheit mit gleicher, oft sogar erhöhter Intensität noch eine Zeit lang fort. Die Beeinflussung der Sauerstoffabsorption ist bei niederer Temperatur relativ größer als bei höherer, ebenso wahrscheinlich bei Samen mit Endosperm gegenüber solchen, denen letzteres fehlt. Anders verhält es sich nach *Pauchon* mit der ausgeschiedenen Kohlensäure, die bei einigen Versuchen mit Keimlingen von Phaseolus vulgaris und Ricinus communis ebenfalls bestimmt wurde.

Im Verhältniß zum aufgenommenen Sauerstoff wurde im Dunkeln mehr Kohlensäure abgegeben als am Lichte, so daß die absoluten Mengen der im Licht und im Dunkeln produzirten Kohlensäure sich häufig gleichkamen, ja es wurde manchmal im Lichte sogar weniger Kohlensäure ausgeschieden als im Dunkeln.

---

[1]) Vergl. *Morgen*. Botanische Zeitung. 1877. p. 553.

[2]) Vergl. *Pauchon*. Comptes rendus. Paris. 1880. t. 91. p. 864.

Pringsheim[1]) kommt in seiner umfangreichen Arbeit «Ueber die Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in der Pflanze» zu der Annahme, daß das Licht direkt auf die Athmung der Gewächse einwirkt, indem es die chemische Affinität des Sauerstoffes zum Inhalt der Zellen steigert. Ganz besonders ist nach ihm dieses bei der Athmung grüner Pflanzentheile der Fall, weil sich bei ihnen in den Zellen Bestandtheile finden, welche den Sauerstoff im Lichte sehr begierig absorbiren, nämlich die leicht oxydirbaren Assimilationsprodukte der Chlorophyllkörper.

Bei der Athmung der chlorophyllfreien Pflanzentheile ist es anders, hier fehlen diese leicht oxydirbaren Substanzen, weshalb man bei Versuchen mit nicht grünen Organen schon von vorne herein eine bedeutende Vermehrung der Kohlensäureausscheidung nicht erwarten darf.

Eine eingehende Erörterung der Untersuchungsergebnisse *Pringsheim*'s würde hier viel zu weit führen und wir können dieselbe auch um so eher umgehen, als eine solche von *Pfeffer* und anderen Autoritäten angestellt worden ist.

Uebereinstimmend mit den Resultaten der umfangreichen Untersuchungen von *Wolkoff* und *Mayer* und denen von *Morgen,* kommt auch *Detmer*[2]) bei seinen Untersuchungen der Fruchtkörper von Cantharellus cibarius, blüthentragenden Stengeln von Monotropa Hypopitys, Blüthen von Syringa etc. etc., einerseits bei Lichtzutritt, andererseits im Dunkeln zu dem Resultate, daß die Athmungsgröße unter beiden Verhältnissen die gleiche sei. Nur bei den Blüthen von Salvia pratensis schien im Licht etwas mehr Kohlensäure expirirt zu werden.

Während *Wolkoff* und *Mayer* aber die Sauerstoffaufnahme feststellten, *Morgen* den Trockensubstanzverlust bestimmte, maß *Detmer* die ausgeschiedene Kohlensäure.

J. P. Wilson[3]) fand bei seinen Versuchen die Angaben von *Detmer* bestätigt. Er sagt: «Hinsichtlich des Einflusses des Lichtes auf die Athmung der Pflanzen zeigte sich bei vielen Versuchen mit Orobranche, Monotropa Hypopitys, Keimlingen, verschiedenen Arten von Hutpilzen, daß die Athmung der Pflanzen weder in atmosphärischer Luft, noch in

[1]) Vergl. *Pringsheim.* Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik. 1879—81 u. 1882.

[2]) Vergl. *Detmer.* Sitzungsbericht der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft. 18. November 1887.

[3]) Vergl. *Wilson.* Flora 1882. 65. Jahrgang. p. 93—96.

Wasserstoff durch die Einwirkung des Lichtes eine merkbare Veränderung erfährt.»

Bonnier und *Mangin* [1]) brachten verschiedene Agarizinen und Polyporen unter eine verschließbare Glasglocke, aus welcher mit mehrstündiger Unterbrechung Luftproben genommen wurden, in denen sie die Kohlensäure bestimmten. Die Experimentatoren gelangten hierbei zu dem Resultate, daß das Licht die Intensität der Athmung der Pilze herabsetzt, wobei die minder brechbaren rothen und gelben Strahlen stärker hemmend als die blauen und violetten Strahlen wirken. Versuche mit schmarotzenden Phanerogamen, Samenkörnern in der ersten Periode der Keimung, Knollen, Rhizomen, Wurzeln, etiolirten Pflanzen, Knospen und Blüthen ergaben ebenfalls eine Abschwächung der Athmung im direkten Sonnenlichte und im diffusen Lichte.

Das Verhältniß der ausgeschiedenen Kohlensäure zum aufgenommenen Sauerstoff dagegen blieb für dieselben Individuen im Licht und im Dunkeln das gleiche.

Auf jeden Fall sind bei diesen Untersuchungen gewisse durch die Objekte selbst gegebene Fehlerquellen, so vor Allem ein eventueller geringer Chlorophyllgehalt derselben und Chlorophyllbildung während der Experimente etc., nicht genügend berücksichtigt worden.

Durch sorgfältige Beachtung aller dieser Fehlerquellen zeichnet sich eine Untersuchung von *Purjewicz* [2]) aus, welche derselbe kürzlich veröffentlichte. Er bestimmte die von den Versuchsobjekten ausgeschiedene Kohlensäuremenge, und zwar operirte er mit Pilzen (43 Versuchsreihen), mit Wurzeln von Phaseolus multifloris, Primula officinalis, Sedum maximum, Vicia faba und Zea Mais und mit Rhizomen von Polygonatum multiflorum (zusammen 15 Versuchsreihen), weiter mit Blüthen von Lilium candidum, Nymphaea alba und Lathraea squamaria (11 Versuchsreihen), schließlich mit etiolirten Pflanzen von Zea Mais und Lepidium sativum.

---

[1]) Vergl. *Bonnier* und *Mangin*. Annales des sciences naturelles. Botanique. A. XVIII. p. 210—305. 1884 und Comptes rendus. Paris. 1885. I. p. 1519—1552 und II. p. 966—969.

[2]) К. Пуріевичъ. О вліяніи свѣта на процессъ дыханія у растеній. Зап. Кіевс. Сбщ. Естеств. T. XI. 1890. (Mir gütigst vom Verfasser übersandt.)

Das Resultat dieser Versuche war, daß die Pilze fast ausnahmslos im Lichte schwächer athmeten als im Finstern, während bei Benutzung aller übrigen Beobachtungsobjekte keine entschiedene Lichtwirkung auf die Kohlensäureproduktion konstatirt werden konnte.

B. Der indirekte Einfluß des Lichtes auf die Athmung.

Wolkoff und *Mayer* [1]) fanden bei ihren bereits erwähnten Untersuchungen, wenn sie mit abgeschnittenen Keimwurzeln von Vicia faba und abgeschnittenen Stengeln von Tropaeolum majus experimentirten, einen raschen Abfall der Athmungsintensität. Die Verfasser deuten diese Erscheinung mit den Worten «Die Zahlen fallen kontinuirlich, weil es sich um, von ihrer Nährstoffquelle abgetrennte Organe handelt», und in der That liegt hier sicher wesentlich eine indirekte Beeinflussung der Athmungsgröße in Folge der ausgeführten Operation vor.

Daß der Vorrath an plastischem Material in bedeutsamer Weise auf die Höhe der Kohlensäureproduktion einwirken kann, ist dann ferner durch eine eingehende Untersuchung von *Borodin* [2]) dargelegt worden.

Er brachte belaubte Sprosse, von der Mutterpflanze ab, getrennt, in's Dunkle, wo sie bei konstanter Temperatur verweilten, und fand, daß die in den aufeinanderfolgenden Stunden entwickelte Kohlensäuremenge mehr oder minder rasch abnahm. Er führt dieses Sinken auf den Verbrauch des Athmungsmaterials (Kohlehydrate) zurück. Brachte Verfasser einen solchen Sproß wieder unter Bedingungen, welche der Assimilation günstig waren, d. h. in eine kohlensäurehaltige Atmosphäre und unter den Einfluß des Lichtes und dann wieder in's Dunkle, so fand er die Athmungsintensität zunächst wieder bedeutend erhöht, aber allmählich wieder vermindernd. Ein in angegebener Weise behandelter Zweig von Crataegus oxyacantha, dessen Athmungsgröße in $20^1/_2$ Stunden von 0,0041 gr pro Stunde auf 0,0018 gr pro Stunde gesunken war, zeigte, nachdem er wieder sechs Stunden dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen, eine Steigerung der Athmungsintensität auf 0,0030 gr pro Stunde, dieselbe sank dann aber innerhalb von 24 Stunden auf 0,0009 gr herab.

Eben solche Resultate wurden mit Spiraea opulifolia gewonnen.

---

[1]) Vergl. *Wolkoff* und *Mayer*. Landwirthschaftl. Jahrbücher. Bd. III. 1874. p. 507 und 512.

[2]) Vergl. М. Бородинъ, Труды С. Пб. Общест. Ест. VII[1]. 1876.

Die zur Untersuchung benutzten Zweige waren nach 2—3tägigem Verweilen im Dunkeln noch vollkommen frisch und gesund, so daß der Verfasser es von vorn herein für ausgeschlossen hielt, daß die Abnahme der Kohlensäureproduktion einer Abschwächung der Lebensthätigkeit durch das Abschneiden zuzuschreiben sei.

Diese Abnahme ist vielmehr Folge eines durch die Athmung selbst herbeigeführten Verbrauchs der durch das Licht gebildeten plastischen Stoffe. Erneute Assimilation ruft abermals eine Ansammlung von Kohlehydraten und damit zugleich eine Steigerung der Athmungsgröße hervor.

Rischawi[1]) bezweifelt die Richtigkeit vorstehender von *Borodin* gewonnener Untersuchungsresultate. Die Steigerung der Athmung bei denjenigen Pflanzentheilen, welche dem Lichte exponirt worden waren, erklärt *Rischawi* wesentlich, indem er annimmt, daß die Gewebe derselben Kohlensäure mechanisch absorbirten und dieselbe später wieder ausschieden.

Verfasser stellte von zwei Zweigen, deren Athmungsgröße im Dunkeln bestimmt war, den einen an's Licht, den anderen in's Dunkle, beide in kohlensäurehaltige Luft, und will gefunden haben, daß in beiden Fällen die Kohlensäureproduktion in gleicher Weise gestiegen sei.

Verfasser begnügt in seiner Arbeit sich aber fast ausschließlich mit der Erwähnung seiner Resultate, ohne nähere Angaben der Versuchsbedingungen und der erhaltenen Zahlenwerthe.

Borodin weist daher mit Recht die Angriffe von *Rischawi* in einer ausführlichen, sorgfältigen Arbeit[2]) zurück. Er zeigt, daß die nach erfolgter Beleuchtung und abermaliger Verdunkelung gesteigerte Kohlensäureausscheidung der Zweige weit größer ist, als daß ihre Ursache lediglich durch das Freiwerden physikalisch gebundener Kohlensäure gesucht werden kann, und daß eine stärkere Beleuchtung die Kohlensäurebildung erheblicher steigert als eine schwache Insolation.

Endlich ist hier auch noch auf theoretische Erörterungen hinzuweisen, die *Detmer*[3]) namentlich im Anschluß an die Resultate und Untersuchungen *Borodin*'s über den indirekten Einfluß des Lichtes auf die Pflanzenathmung anstellt.

---

[1]) Vergl. Botan. Jahresbericht 1877. p. 22; dort nach A. Рищави.

[2]) Mémoires de l'académie impériale des sciences de St.-Pétersbourg. VII[e] série. Tome XXVIII. Nr. 4.

[3]) *Detmer*. Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. 1883. p. 171.

C. Existirt eine durch das Licht induzirte tägliche Periodizität der Pflanzenathmung?

Nach *Déhérain* und *Vesque*[1]) nehmen die Wurzeln eine ansehnliche Menge von Sauerstoff auf und geben entsprechend Kohlensäure ab. Diese Athmungsthätigkeit geht aber nicht ständig in gleicher Weise vor sich, sondern zeigt, wie das *Saikewicz*[2]) in einer 1877 erschienenen größeren Arbeit nachgewiesen, eine Periodizität. *Saikewicz* experimentirte bei seinen Untersuchungen mit einer in Nährstofflösung gezogenen Maispflanze und fand, daß die Energie der Wurzelathmung sich am Tage vergrößerte, am Nachmittag ihr Maximum und nach Mitternacht ihr Minimum erreichte.

Zur Erklärung dieser Periodizität der Wurzelathmung weist *Saikewicz* in erster Linie auf die indirekte Beeinflussung derselben durch die Thätigkeit der Blätter hin. Wenn diese Organe am Tage assimiliren und das gebildete plastische Material den Wurzeln in größerer Quantität zuströmt, so kann damit die Ursache für eine Steigerung der Athmung gegeben sein. Wenn aber in der Nacht die Assimilation aufhört, dann ist eine Herabsetzung der Athmungsgröße möglich.

Uebrigens scheint es nicht ausgeschlossen, wie *Saikewicz* selbst betont, daß auch periodische Veränderungen im Verlaufe der Stoffwechselprozesse, die sich in den Wurzeln geltend machen, bei dem Zustandekommen der täglichen Periodizität der Athmung dieser Organe mitwirken, weil ähnliche Erscheinungen z. B. von *Hofmeister* und *Baranetzky* für den Wurzeldruck beobachtet wurden.

Couvet[3]), welcher ebenfalls Untersuchungen über unseren Gegenstand anstellte, operirte mit in Wasser gewachsenen Wurzeln versehener Weidenschößlinge. Er fand, daß die Kohlensäure-Ausscheidung während der Nacht bedeutend geringer als am Tage war. Sie beginnt bei Sonnenaufgang zuzunehmen, wird während der Mitte des Tages wieder schwächer, um gegen Abend von Neuem zuzunehmen.

---

[1]) Vergl. *Déhérain* und *Vesque*. Annales des sciences naturelles. Serie 6. Bd. II. p. 1876.

[2]) Vergl. *Saikewicz*. Botan. Jahresbericht 1877, dort nach Arbeiten der Naturforscher-Gesellsch. an der Universität Charkoff. 1877.

[3]) Bulletin de la société botanique de France. Le Siècle du 23 Avril 1880.

I. Ueber den direkten Einfluß des Lichtes auf die Athmung der Gewächse.

Es handelte sich bei der Untersuchung vor Allem darum, einen möglichst konstanten kohlensäurefreien Luftstrom über die Pflanzen hinzuleiten, die von diesen ausgeathmete Kohlensäure aufzufangen und zu bestimmen.

Das Auffangen der Kohlensäure wurde mit Barytwasser bewerkstelligt und die Menge durch Titriren mit Oxalsäure festgestellt.

Zur Herstellung des Luftstroms diente ein Aspirator, welcher bei den ersten Versuchen ca. 20 Liter Wasser faßte. Da sich jedoch bald herausstellte, daß eine um so genauere und leichtere Regulirung der ausfließenden Wassermenge möglich ist, je größer der Aspirator, wurde das 20 Liter fassende Gefäß durch einen 50 Liter fassenden Säureballon ersetzt. Ein gänzliches Füllen des letzteren war jedoch nicht zweckmäßig, weil derselbe sich im oberen Theil stark verjüngte. Wurde der Ballon jedoch nur zu zwei Dritttheilen gefüllt, so bildete das Wasser ein ausgedehntes Niveau, welches sich, bei der angewandten Geschwindigkeit von 3 Liter pro Stunde, in dieser Zeit kaum 3 cm senkte.

Ein am Ausflußarm des zum Aspirator gehörigen Hebers angebrachter Regulierungshahn ermöglichte die Herbeiführung eines sehr gleichmäßigen Ausflusses des Wassers. Das eine Ende dieses Hahnes trug eine zeigerähnliche Verlängerung, wodurch schon eine sehr geringe Abänderung der Ausfluß-Geschwindigkeit ermöglicht wurde. Die zeigerähnliche Verlängerung bewegte sich vor einem graduirten Kreisbogen, welche Vorrichtung die Leichtigkeit der Einstellung beträchtlich unterstützte. Das abfließende Wasser sammelte sich in einem hohen, somit sehr genauen Meßzylinder und konnte daher seiner Quantität nach bestimmt werden. Den nöthigen luftdichten Verschluß des Ballons bewirkte ein doppelt durchbohrter, großer dichtschließender Gummistopfen. In ihm war einerseits der Heber, andererseits das vom Apparat kommende Saugrohr angebracht. Ein von der Wasserleitung zum Saugheber geführter Gummischlauch ermöglichte ein Füllen des Ballons in verhältnißmäßig kurzer Zeit, ohne daß letzterer geöffnet zu werden brauchte.

Mit dem in den Aspirator führenden Saugrohr stand eine gebogene *Pettenkofer*'sche Röhre in Verbindung, welche mit dem zur Absorption

der Kohlensäure bestimmten Barytwasser gefüllt wurde. Zwischen dem Saugrohr des Aspirators und der *Pettenkofer*'schen Röhre fand aber noch eine U-förmige, mit Aetzkalistückchen gefüllte Röhre ihren Platz, um ganz sicher zu sein, daß keine Feuchtigkeit und Kohlensäure aus dem Aspirator in die *Pettenkofer*'sche Röhre gelangen konnte. Außerdem wurde zeitweilig hier eine zweite mit Barytwasser gefüllte Vorlage eingeschaltet, um kontrolliren zu können, ob das Barytwasser in der *Pettenkofer*'schen Röhre auch alle Kohlensäure absorbire.

An die *Pettenkofer*'sche Röhre schloß sich eine Glasröhre, welche in das zur Aufnahme der Pflanzen bestimmte Respirationsgefäß führte. Letzteres bestand aus einem nach einem Entwurfe von *Detmer* konstruirten Glasgefäß (s. Fig. No. 1). Dasselbe stellt eine kreisrunde plattgedrückte Flasche mit parallelen 2 cm von einander entfernten Wänden (Vorder- und Rückwand) dar. Dieselbe besitzt oben einen weiteren, unten einen engeren Hals und ist ganz aus einem Stück geblasen. Der Inhalt dieses Gefäßes beträgt 225 cbcm. Den Verschluß des oberen Halses bewirkt ein doppelt durchbohrter Gummistopfen. Durch die eine Bohrung wurde ein Thermometer (T), durch die andere ein im rechten Winkel gebogenes Glasrohr (R) in die Glasflasche eingeführt. Dieses stand mit der *Pettenkofer*'schen Röhre in Verbindung. Den unteren Hals verschloß ein einmal durchbohrter Gummistopfen. Durch die Bohrung führte eine in Form eines Schlangenrohres (Sch) mit neun Windungen neben dem Respirationsgefäße aufsteigendes Glasrohr Luft in letzteres ein.

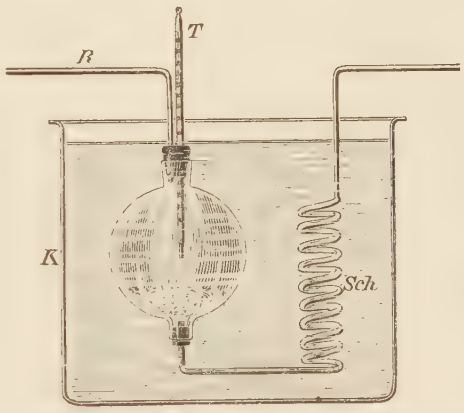


Fig. 1.

Auf dem Boden desselben wurde stets etwas Glaswolle feucht erhalten, um einem vorzeitigen Welken der Versuchsobjekte vorzubeugen. Das Thermometer wurde soweit in das Respirationsgefäß eingeführt, daß sich der lange zylinderische Quecksilberbehälter in der Mitte desselben befand und vollkommen von den auf ihre Athmung zu prüfenden Pflanzen-

theilen umgeben war. Die Versuche im Dunkeln verlangten, daß die Skala des Thermometers eine möglichst lange war, damit man die Temperatur auch oberhalb des Verdunklungskastens ablesen konnte, ohne daß man denselben zu öffnen brauchte. Das benutzte Thermometer war ein Normalthermometer, auf dem man Zehntelgrade noch genau ablesen konnte.

Das ganze Respirationsgefäß mit Zuleitungsrohr und zugehörigem Schlangenrohr hing in einem rechteckigen Kasten (K), der eine Breite von 10 (gemessen von der Vorder- bis zur Rückwand) und eine Höhe von 35 cm besaß. Die beiden großen Wände desselben bestanden aus feinem Spiegelglas, die schmalen Seitenwände und der Boden aus Zinkblech. Es wurde darauf gesehen, daß das Respirationsgefäß so in dem Glaskasten hing, daß die Glasscheiben des letzteren und die flachen Wände des ersteren möglichst parallel zu einander standen.

Der Glaskasten war mit Wasser angefüllt, um eine konstante Temperatur (bei den meisten Versuchen 20 ^{0} C.) erhalten zu können. Das in das Respirationsgefäß führende Schlangenrohr diente dazu, die Luft vor dem Eintreten in ersteres auf die Temperatur des Wassers zu bringen. Die Regulirung der Temperatur der Flüssigkeit im Kasten wurde durch Zugießen von kaltem und warmem Wasser herbeigeführt.

Einige Schwierigkeiten bereitete die Temperirung des Apparates in direktem Sonnenlicht. Ohne ein Medium, welches die Wärmestrahlen absorbirte, war eine solche überhaupt nicht soweit möglich, daß die gewonnenen Zahlen brauchbar erscheinen konnten. Für die im direkten Sonnenlichte anzustellenden Versuche wurde daher zwischen den erwähnten, das Respirationsgefäß fassenden Glaskasten und die Lichtquelle noch ein großes Alaunlösung enthaltenes Bassin mit paralleler vorderer und hinterer Glaswand gestellt, da Alaunlösung eine für diese Zwecke sehr geeignete athermane Flüssigkeit ist. Die Höhe und Breite dieses Bassins betrug 30, die Länge 60 cm. Es war allerdings nothwendig, wenn die Alaunlösung dauernd für die Versuchszwecke genügend klar bleiben sollte, dieselbe häufiger zu filtriren.

Der Raum, in welchem die Versuche angestellt wurden, war ein nach Süden gelegenes Zimmer, und zwar war der den Untersuchungen dienende Apparat auf einem Tische dicht vor dem Fenster aufgestellt. Das Bassin mit der Alaunlösung fand seinen Platz unmittelbar an dem geöffneten Fenster, und zwar war dasselbe, ebenso wie der das Respirations-

gefäß enthaltende Wasserkasten, derartig nach rückwärts geneigt aufgestellt, daß die schräg einfallenden Sonnenstrahlen die Apparate, also auch die Untersuchungsobjekte, möglichst rechtwinkelig trafen. Einige leicht bewegliche Spiegel dienten noch dazu, die Menge der wirksamen Lichtstrahlen zu vergrößern.

Die meisten Versuche über die Athmung der Pflanzen bei Luftzutritt sind zwischen 10 Uhr Vormittags und 1 Uhr Nachmittags ausgeführt worden, um unter recht günstigen Beleuchtungsverhältnissen arbeiten zu können.

Um die dem Respirationsgefäß zuzuführende Luft von Kohlensäure zu reinigen, passirte dieselbe eine in ihrem unteren Theile mit Kalilauge, in ihrem oberen mit Aetzkalistückchen gefüllte Absorptionsflasche. Um ganz sicher zu gehen, durchstrich die Luft dann noch zwei U-förmige Röhren, die mit Kalilauge getränkte Bimssteinstückchen enthielten. Da die Luft hierbei aber stark ausgetrocknet wurde, mußte zwischen diese Röhren und das Schlangenrohr eine mit feuchter Glaswolle gefüllte Röhre eingeschoben werden.

Daß nach diesen Vorsichtsmaßregeln keine Kohlensäure von außen in den Apparat gelangen konnte, davon gaben eine Reihe von Kontrolversuchen Zeugniß, bei denen das Barytwasser in der *Pettenkofer*'schen Röhre vollkommen klar blieb, wenn man durch den Apparat, ohne daß derselbe Pflanzen enthielt, längere Zeit einen Luftstrom leitete (s. d. Kontrolversuche).

Vor resp. zwischen den Versuchen wurde statt der *Pettenkofer*'schen Röhre eine einfache Glasröhre eingeschaltet. Die einzelnen Theile des Apparates verbanden dichte Kautschukschläuche und zwar so, daß die Glastheile sich innerhalb der Schlauchstücke möglichst nahe berührten. Daß ein genügender Verschluß überall erreicht war, beweist die Thatsache, daß der Heber des Aspirators seine Thätigkeit vollkommen einstellte, wenn der Zufluß der Luft in den Kaliturm am entgegengesetzten Ende des Apparates durch Verschluß abgeschnitten wurde.

Beim Ein- resp. Ausschalten der *Pettenkofer*'schen Röhren zwischen den einzelnen Experimenten einer Versuchsreihe wurde vorher mittelst starker Quetschhähne an drei Stellen des Apparates ein völliger Verschluß bewirkt.

Durch den einen Verschluß konnte der Aspirator außer Thätigkeit gesetzt werden, die anderen beiden hatten den Zweck, das Ein- und Aus-

treten von Luft aus dem Respirationsgefäß zu verhindern. Die Quetschhähne fanden dementsprechend an den Kautschukschläuchen ihren Platz, welche das Gaszuleitungs- sowie das Gasableitungsrohr mit den benachbarten Theilen des Apparates verbanden.

Die Verdunkelung des Pflanzenbehälters wurde dadurch leicht bewerkstelligt, daß über den ganzen Wasserkasten ein Pappkasten gedeckt wurde. Zum völligen Verschluß fanden an denjenigen Stellen, wo das Thermometer und die Zu- und Ableitungsröhren aus demselben hervorragten, schwarze Tücher Verwendung.

Die Titrirvorrichtung bestand zunächst aus zwei 100 cbcm fassenden Büretten, die in üblicher Weise durch Hebevorrichtung mit Oxalsäure resp. Barytwasser gefüllt werden konnten. Das Barytwasser wurde in folgender Weise hergestellt: 168 gr Baryumoxydhydrat und 24 gr Baryumchlorid wurden in einer Flasche mit 8 Liter destillirtem Wasser übergossen, häufig umgeschüttelt und nach Verlauf eines Tages, wenn sich das Ungelöste abgesetzt hatte, in die zur Titrirvorrichtung gehörende Flasche abgehebert. Letztere war durch einen doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch die eine Bohrung war ein Glasrohr geführt, welches mit dem zur Bürette führenden Schlauche in Verbindung stand, durch die andere konnte entkohlensäuerte Luft beim Ablassen des Barytwassers in das Gefäß eintreten.

Auch in das obere Ende der Bürette, die das Barytwasser aufnahm, konnte nur durch Aetzkalistückchen entkohlensäuerte Luft eindringen.

Die Oxalsäurelösung wurde durch Auflösen von 2,8636 gr krystallisirter Oxalsäure in einem Liter Wasser hergestellt. Die in einem cbcm dieser Lösung enthaltene Oxalsäure war somit genau ein Milligramm-Kohlensäureäquivalent.

Die Ausführung der Versuche selbst erfolgte nun in folgender Weise:

Es wurde eine bestimmte Gewichtsmenge der zu untersuchenden Pflanzen in das Respirationsgefäß gebracht, zwischen dem Gasableitungsrohr und dem Aspirator ein Glasrohr eingeschaltet und letzterer in Thätigkeit gesetzt, so daß drei Liter Luft pro Stunde den ganzen Apparat durchströmten. Auf die Regulirung der Temperaturverhältnisse war natürlich genau zu achten. Nach Verlauf von zwei Stunden wurde die erwähnte Glasröhre durch eine mit 75 cbcm Barytwasser gefüllte *Pettenkofer*'sche Röhre ersetzt und jetzt begann die Kohlenäurebestimmung.

Aus Gründen, die weiter unten angegeben werden sollen und die, wie hier schon betont werden mag, als sehr wichtige bezeichnet werden müssen, umfaßten die meisten Versuchsreihen je vier unmittelbar aufeinanderfolgende Experimente mit demselben Untersuchungsobjekt. Dabei wurden entweder zunächst zwei Beobachtungen bei Lichtzutritt und dann zwei im Dunkeln vorgenommen, oder es handelte sich zuerst bei zwei Experimenten um die Prüfung der Athmungsgröße der Untersuchungsobjekte bei Lichtabschluß und dann erst um zwei Lichtversuche. Jedes einzelne Experiment umfaßte die Zeit einer Stunde. Es mußte also auch nach Verlauf je einer Stunde eine neue Barytröhre eingeschaltet werden.

Die Versuche bei verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen wurden natürlich bei derselben Temperatur ausgeführt und auf die Regulirung derselben ist, wie schon erwähnt, die größte Aufmerksamkeit verwandt worden.

Nach jedem Respirationsversuch wurde der Inhalt der Barytröhre schnell in einen langen Glaszylinder gegossen, das Absetzen des kohlensauren Baryts abgewartet und das klare Barytwasser in Portionen von je 25 cbcm, die mittelst einer Pipette bei einiger Sorgfalt leicht abzuheben waren, zum Titriren verwandt.

Es ist zweckmäßiger, zweimal 25 cbcm der Flüssigkeit zu untersuchen, als einmal 50 cbcm, wie schon *Clausen*[1]) beobachtete, da eine größere Flüssigkeitsmenge sich nicht bequem mit der Oxalsäure genau neutralisiren läßt.

Als Indikator beim Titriren diente eine alkoholische Phenolphtaleïnlösung.

Was endlich die Fehlerquellen der Versuchsmethode anbelangt, so sei bemerkt, daß es ja bei dem mehrmaligen Umgießen der Barytlösung nicht möglich war, eine geringe Absorption der Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft völlig zu vermeiden. Die Größe der auf diese Weise absorbirten Kohlensäuremenge zeigte sich jedoch als gering und bei den verschiedenen Versuchen als eine sich nahezu gleichbleibende, wie das aus den Resultaten der Kontrolversuche ersichtlich ist. Bei denselben wurde genau in derselben Weise verfahren, wie bei den Versuchen selbst, der Apparat, ohne daß der Respirationsraum Pflanzen enthielt, eine Stunde

[1]) Vergl. *Clausen.* Landwirthsch. Jahrbücher. 1890.

lang in Thätigkeit gesetzt, dann eine mit Barytlösung gefüllte *Pettenkofer*'sche Röhre eingeschaltet, diese nach Verlauf einer Stunde entfernt und die Kohlensäure bestimmt. Solche Kontrolversuche sind häufiger wiederholt worden.

Die Ergebnisse derselben waren folgende:

Bei Ausführung der Kontrolversuche in 75 cbcm Barytwasser gefundene Kohlensäuremenge.

No. 1 = 0,45 mgr CO_2
No. 2 = 0,6 » »
No. 3 = 0,9 » »
No. 4 = 0,75 » »
No. 5 = 0,45 » »
No. 6 = 0,9 » »
No. 7 = 1,35 » ».

Diese Kohlensäuremenge (0,0008 gr CO_2) ist von der bei der Athmung gefundenen Quantität stets in Abzug gebracht worden.

Versuch Nr. 1 und 2.

40 gr Kronenblätter von Taraxacum officinale, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In zwei Stunden produzirte CO_2

Nr. 1.		Nr. 2.	
Licht	67,15 mgr CO_2	Dunkel	66,10 mgr CO_2
Dunkel	66,10 » »	Licht	49,9 » »
Mittel	67,15 : 66,10 = 0,984	Mittel	52,45 : 48,9 = 0,953.

Versuch Nr. 3.

25 gr Kronenblätter von Taraxacum officinale, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Licht 19,90 mgr CO_2
Dunkel 19,30 » »
Licht 18,25 » »
Dunkel 18,10 » »
Licht 17,35 » ».

Versuch Nr. 4.

25 gr Kronenblätter von Syringa vulgaris, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Licht	22,60	mgr. CO_2
Dunkel	22,60	» »
Licht	20,80	» »
Dunkel	20,35	» ».

Versuch Nr. 5.

25 gr Kronenblätter von Syringa vulgaris, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Licht	23,95	mgr CO_2
Dunkel	22,90	» »
Dunkel	20,80	» »
Licht	19,30	» »
Licht	18,40	» ».

Versuch Nr. 6, 7 und 8.

25 gr Kronenblätter von Peonia, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 6.			Nr. 7.		
Licht	11,65	mgr CO_2	Dunkel	12,55	mgr CO_2
Licht	11,30	» »	Dunkel	12,95	» »
Dunkel	10,90	» »	Licht	11,80	» »
Dunkel	10,60	» »	Licht	11,50	» »
Mittel	11,475 : 10,75	= 0,937.	Mittel	12,20 : 11,65	= 0,954.

Nr. 8.

Licht	11,50	mgr CO_2
Licht	11,35	» »
Dunkel	10,60	„ »
Dunkel	10,75	» »

Mittel 11,425 : 10,675 = 0,934.

Versuch Nr. 9 und 10.

25 gr Kronenblätter von Salvia pratensis, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 9.		Nr. 10.	
Licht	14,05 mgr CO_2	Dunkel	11,95 mgr CO_2
Licht	14,05 » »	Dunkel	11,2 » »
Dunkel	13,75 » ».	Licht	9,7 » »
		Licht	9,25 » ».

Versuch Nr. 11 und 12.

25 gr Kronenblätter von Crepis biennis, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 11.		Nr. 12.	
Licht	21,1 mgr CO_2	Dunkel	21,85 mgr CO_2
Licht	21,1 » »	Dunkel	22,0 » »
Dunkel	21,4 » »	Licht	21,7 „ »
Dunkel	20,5 » »	Licht	21,55 » „
Mittel	21,10 : 20,75 = 0,992.	Mittel	21,925 : 21,625 = 0,986.

Versuch Nr. 13 und 14.

25 gr Zungenblüthenblätter von Chrysanthemum leucanthemum, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 13.		Nr. 14.	
Dunkel	10,6 mgr CO_2	Licht	10,15 mgr CO_2
Dunkel	10,3 » »	Licht	9,85 » »
Licht	10,0 » »	Dunkel	10,0 » »
Licht	9,4 » »	Dunkel	9,1 » „
Mittel	10,45 : 9,7 = 0,930.	Mittel	10,00 : 9,55 = 0,955.

Versuch Nr. 15 und 16.

25 gr Kronenblätter von Crepis biennis, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Licht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 15.		Nr. 16.	
Licht	21,1 mgr CO_2	Licht	21,85 mgr CO_2
Licht	21,1 » »	Licht	22,0 » »
Dunkel	21,4 » »	Dunkel	21,7 » »
Dunkel	20,5 » »	Dunkel	21,55 » »
Mittel	20,10 : 20,95 = 0,992.	Mittel	21,925 : 21,625 = 0,986.

Versuch Nr. 17 und 18.

25 gr Kronenblätter von Crepis biennis, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 17.		Nr. 18.	
Licht	22,2 mgr CO_2	Dunkel	21,95 mgr CO_2
Licht	22,3 » »	Dunkel	21,65 » »
Dunkel	22,1 » »	Licht	21,75 » »
Dunkel	22,05 » »	Licht	21,45 » »
Mittel	22,25 : 22,075 = 0,992.	Mittel	21,80 : 21,60 = 0,990.

Versuch Nr. 19 und 20.

25 gr Kronenblätter von Papaver Rhoeas, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 19.		Nr. 20.	
Licht	9,1 mgr CO_2	Dunkel	8,25 mgr CO_2
Licht	8,95 » »	Dunkel	7,75 » »
Dunkel	8,65 » »	Licht	7,6 » »
Dunkel	8,2 » »	Licht	7,25 » »
Mittel	9,025 : 8,425 = 0,933.	Mittel	8,000 : 7,425 = 0,928.

Versuch Nr. 21 und 22.

25 gr Rosenblätter von Rosa centifolia, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 21.		Nr. 22.	
Licht	15,4 mgr CO_2	Dunkel	17,35 mgr CO_2
Licht	15,95 » »	Dunkel	16,6 „ »
Dunkel	14,35 » »	Licht	15,4 » »
Dunkel	13,90 » »	Licht	14,2 » »
Mittel	15,675 : 14,125 = 0,901.	Mittel	16,975 : 14,8 = 0,871.

Versuch Nr. 23 und 24.

25 gr Kronenblätter von Rosa centifolia, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 23.		Nr. 24.	
Dunkel	17,0 mgr CO_2	Licht	16,9 mgr CO_2
Dunkel	16,65 » »	Licht	16,6 » »
Licht	16,1 » »	Dunkel	16,45 » »
Licht	15,95 » »	Dunkel	16,0 » »
Mittel	16,825 : 16,025 = 0,952.	Mittel	16,75 : 16,225 = 0,968.

Versuch Nr. 25.

25 gr Kronenblätter von der Monatsrose, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Licht	18,7	mgr CO_2
Licht	18,55	» »
Dunkel	17,8	» »
Dunkel	17,25	» » .

Versuch Nr. 26 und 27.

25 gr Kronenblätter von der Rose »Maria Stuart«, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 30° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 26.		Nr. 27.	
Licht	26,6 mgr CO_2	Dunkel	27,0 mgr CO_2
Licht	25,75 » »	Dunkel	26,85 » »
Dunkel	26,35 » »	Licht	26,85 » »
Dunkel	25,45 » »	Licht	26,65 » »
Mittel	26,175 : 25,9 = 0,989.	Mittel	26,925 : 26,75 = 0,993.

Versuch Nr. 28 und 29.

25 gr Kronenblätter von der blauen Gartenaster, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 28.		Nr. 29.	
Dunkel	15,1 mgr CO_2	Licht	15,35 mgr CO_2
Dunkel	13,5 » »	Licht	14,65 » »
Licht	13,35 » »	Dunkel	14,5 » »
Licht	12,85 » »	Dunkel	13,95 » »
Mittel	14,8 : 13,05 = 0,881.	Mittel	15,00 : 14,00 = 0,933.

Versuch Nr. 30 und 31.

25 gr Kronenblätter von der weißen und rothen Gartenaster, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, 30° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 30.		Nr. 31.	
Licht	18,42 mgr CO_2	Dunkel	17,95 mgr CO_2
Licht	18,00 » »	Dunkel	17,65 » »
Dunkel	17,8 » »	Licht	16,9 » »
Dunkel	15,4 » »	Licht	16,0 » »
Mittel	18,21 : 16,6 = 0,9111.	Mittel	17,8 : 16,45 = 0,924.

Versuch No. 32, 33 und 34.

50 gr Wurzeln der in Sägespänen kultivirten Keimpflanzen von Vicia faba, durch Spiegelung verstärktes, diffuses Sonnenlicht, 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 32.		Nr. 33.	
Licht	9,85 mgr CO_2	Dunkel	8,95 mgr CO_2
Licht	9,7 » »	Dunkel	8,95 » »
Dunkel	9,55 » »	Licht	8,8 » »
Dunkel	9,1 » »	Licht	8,35 » »
Mittel	9,775 : 9,325 = 0,953.	Mittel	8,95 : 8,575 = 0,958.

Nr. 34.

Licht	9,1	mgr CO_2
Licht	8,95	» »
Dunkel	8,8	» »
Dunkel	8,65	» »

Mittel 9,025 : 8,725 = 0,966.

Versuch Nr. 35, 36, 37 und 38.

70 gr Fruchtkörper von Agaricus campestris, durch Spiegelung verstärktes, durch Alaunlösung geleitetes, direktes Sonnenlicht, Temperatur 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2

Nr. 35.		Nr. 36.	
Licht	34,80 mgr CO_2	Dunkel	35,70 mgr CO_2
Licht	34,20 » »	Dunkel	35,10 » »
Dunkel	33,60 » »	Licht	34,80 » »
Dunkel	33,30 » »	Licht	34,0 » »
Mittel	34,50 : 33,45 = 0,966.	Mittel	35,4 : 34,4 = 0,970.

Nr. 37.		Nr. 38.	
Licht	37,80 mgr CO_2	Dunkel	42,9 mgr CO_2
Licht	37,20 » »	Dunkel	42,3 » »
Dunkel	36,90 » »	Licht	39,9 » »
Dunkel	36,30 » »	Licht	39,6 » »
Mittel	37,5 : 36,45 = 0,972.	Mittel	42,6 : 39,75 = 0,933.

Die Schlußfolgerungen aus vorstehenden Versuchen anlangend, so ist zunächst auf den Umstand hinzuweisen, daß durchgehends bei allen Versuchsreihen, mag nun mit den Experimenten bei Lichtzutritt oder im Dunkeln begonnen worden sein, ein Abfall der Athmungsintensität zu verzeichnen ist. Schon in dem geschichtlichen Theil wurde erwähnt, daß *Wolkoff* und *Mayer* sowohl wie *Borodin* bei ihren Untersuchungen ebenfalls einen solchen beobachteten, und daß Letzterer denselben mit einem Verbrauch des der Athmung dienenden plastischen Materials erklärt.

Wir kommen in dem zweiten Theil der Arbeit auf die Ursache dieses Abfalles der Athmungsgröße zurück, hier sei nur die Thatsächlichkeit desselben erwähnt, weil sie schon bei den Untersuchungen des direkten Einflusses des Lichtes auf die Respiration Berücksichtigung finden muß.

Wenn man Athmungsversuche zunächst bei Luftzutritt und dann mit demselben Pflanzenmaterial im Dunkeln ausführt, sich dann die bezeichnete Verminderung der Athmungsgröße geltend macht, so muß der Schein erweckt werden, als ob die Athmung unter ersteren Verhältnissen lebhafter als unter den letzteren erfolge. Das Umgekehrte wird der Fall sein, wenn man die Versuchsobjekte zunächst im Dunkeln hält, und dann dem Lichte exponirt.

Gerade der Umstand, daß man dieses einfache Verhältniß bisher nicht genügend berücksichtigt hat, erklärt es auch wohl, weshalb, wie wir im geschichtlichen Theil gesehen haben, die Angaben über den Lichteinfluß auf die Athmung so sehr schwankende sind.

Ein brauchbares Resultat kann nur bei der Ausführung von Parallelversuchen mit demselben Pflanzenmaterial erzielt werden, wie ich sie durchgehends anstellte. In einem Experiment ist dabei zunächst zu beleuchten, um dann zu verdunkeln, in dem andern in umgekehrter Weise zu verfahren. Die Abfallgröße der Athmung wird dann leicht für beide Parallelversuche ersichtlich, und nur wenn sich herausstellt, daß sie bei beiden dieselbe ist, ist der Schluß berechtigt, daß

eine Beeinflussung der Athmung durch die Beleuchtungsverhältnisse nicht stattfindet.

Ein Blick auf unsere vorstehenden Versuchsergebnisse zeigt in der That, daß die Abfallsgröße in den Parallelversuchen stets nahezu die gleiche ist. Die Differenzen sind so gering, daß sie in die Fehlergrenzen fallen und lassen auch in keiner Weise eine Regelmäßigkeit erkennen.

Wir dürfen in Folge dessen mit Sicherheit den Schluß ziehen, daß bei allen untersuchten chlorophyllfreien[1]) Objekten eine direkte Beeinflussung der Athmungsintensität weder durch direktes, noch durch diffuses Sonnenlicht besteht.

Nur mit Rücksicht auf die Pilze möchte ich diesen Satz nicht mit Bestimmtheit aussprechen, da die betreffenden Versuche, namentlich weil wenig geeignetes Untersuchungsmaterial zu erlangen war[2]), nur in beschränkter Ausdehnung angestellt werden konnten.

II. Ueber den indirekten Einfluß des Lichtes auf die Athmung der Gewächse.

Nach der Theorie *Detmer*'s[3]) über das Wesen der Pflanzenathmung, welche sich eng an die *Pflüger*'sche Auffassung anschließt, zerfallen die Proteïnstoffe bei der Athmung in stickstoffhaltige und stickstofffreie Körper. Erstere können sich in den Zellen anhäufen oder sich unter Umständen mit stickstofffreien durch die Assimilation entstandenen Verbindungen zur Neubildung von Proteïnstoffen vereinigen. Die aus den Proteïnstoffen sich abspaltenden stickstofffreien Produkte dagegen unterliegen bei Luftzutritt einem Oxydationsprozeß, sie liefern das Material zur Bildung von Kohlensäure und Wasser.

---

[1]) Von dem völligen Fehlen des Chlorophylls bei den Untersuchungsobjekten haben wir uns auf spektroskopischem Wege überall dort überzeugt, wo es nothwendig erschien.

[2]) Die große Dürre im Herbst 1892 war Ursache, daß Feuchtkörper von Pilzen überhaupt kaum aufzutreiben waren. Die untersuchten waren mir von der Intendantur der Königlichen Gärten in Potsdam gütigst übersandt worden.

[3]) Vergl. *Detmer*. Physiologie des Keimungsprozesses. Jena. 1888. Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. 1883.

Ist diese Theorie richtig, so ergiebt sich mit Nothwendigkeit eine erhebliche Steigerung der Athmungsintensität grüner assimilirender Pflanzentheile in Folge indirekter Lichtwirkung. Durch den Einfluß des Lichtes wird neues stickstofffreies Material erzeugt. Es findet Regeneration neuer lebendiger Eiweißmoleküle statt, und da die Athmung eine Funktion derselben ist, so macht sie sich in erhöhtem Maße geltend. Umgekehrt muß bei Lichtabschluß, welcher die Assimilation, somit auch die Regeneration resp. Neubildung der Eiweißkörper sistiert, eine Herabminderung der Athmung sich mit Nothwendigkeit ergeben.

Schon in dem geschichtlichen Theil ist erwähnt, daß *Borodin* diese Voraussetzung unter Benutzung von Sprossen verschiedener Bäume und Sträucher voll und ganz bestätigt gefunden. Diese Bestätigung mußte aber auch an Keimpflanzen zu erbringen sein und zwar in ganz besonders hohem Maße bei solchen, in deren Protoplasma sich ein sehr energischer Eiweißzerfall abspielt.

Derartiges ist z. B., wie *Pfeffer* und andere nachgewiesen haben, vornehmlich bei den Lupinenpflanzen der Fall, weshalb diese Untersuchungsobjekte auch zu unseren Beobachtungen Verwendung fanden.

Es diente zu den nachstehenden Untersuchungen derselbe Aspirationsapparat wie zu den vorigen.

Die Versuchspflanzen sind durch folgende Kulturmethode gewonnen worden: Zwei in einem Garten neben einander aufgestellte größere Holzkästen von gleicher Form und Größe wurden mit Sand gefüllt, welcher mit Impferde von einem Lupinenfelde aus Norddeutschland gemischt war, und das Ganze mit Nährstofflösung getränkt. In jedem Kasten fanden 200 vorgekeimte Lupinenkörner der gelben Lupine Platz. Die sich entwickelnden jungen Pflänzchen erhielten sorgsame Pflege und waren stets guten Beleuchtungsverhältnissen ausgesetzt.

Nachdem die Pflanzen ein Alter von 21 Tagen erreicht hatten und der oberirdische Theil jeder Pflanze ca. 1 gr wog, gelangten aus jedem Kasten 25 gr zu Athmungsversuchen zur Verwendung.

Es wurde dann der Kasten «A» in ein Gartenhaus in's Halbdunkel gesetzt und ein Theil der Pflanzen, nachdem sie dort 60 Stunden verweilt hatten, auf ihre Athmungsgröße untersucht, ebenso fand gleichzeitig abermals die Bestimmung der Athmungsgröße von Pflanzen aus dem Kasten «B», welcher im Freien dem Lichte ausgesetzt verblieben war, statt.

Hierauf wurde dann der Kasten «A» wieder in's Freie gesetzt und umgekehrt der Kasten »B« in's Halbdunkel. Nach vier und einem halben Tage folgte wiederum die Bestimmung der Athmungsgröße der Pflanzen beider Kasten, ebenso nochmals nach neun Tagen, ohne daß inzwischen eine Aenderung der Beleuchtungsverhältnisse bewirkt war.

Die Resultate der Beobachtungen sind in folgender Uebersicht zusammengestellt:

Athmung von je 25 gr oberirdischer Theile der Keimpflanzen von Lupinus luteus bei Lichtabschluß. 20° C.

In einer Stunde produzirte CO_2.

1) Ursprüngliche Athmungsgröße am 6. August.

Pflanzen aus Kasten «A».		Pflanzen aus Kasten «B».	
Analyse Nr. 1. 17,65	Mittel	Analyse Nr. 1. 16,9	Mittel
Analyse Nr. 2. 17,45	17,55 mgr CO_2.	Analyse Nr. 2. 16,6	16,75 mgr CO_2.

2) Athmungsgröße am 9. August. Die Pflanzen aus Kasten «A» hatten im Halbdunkel verweilt, diejenigen aus Kasten «B» waren dem Licht ausgesetzt geblieben.

Pflanzen aus Kasten «A».		Pflanzen aus Kasten «B».	
Analyse Nr. 1. 7,45	Mittel	Analyse Nr. 1. 15,85	Mittel
Analyse Nr. 2. 6,85	7,1 mgr CO_2.	Analyse Nr. 2. 15,55	15,7 mgr CO_2.

3) Athmungsgröße am 13. August. Die Pflanzen aus Kasten «A» waren wieder dem Lichte ausgesetzt gewesen, diejenigen aus «B» hatten dagegen im Dunkeln verweilt.

Pflanzen aus Kasten «A».		Pflanzen aus Kasten «B».	
Analyse Nr. 1. 18,00	Mittel	Analyse Nr. 1. 6,45	Mittel
Analyse Nr. 2. 17,85	17,925mgr CO_2.	Analyse Nr. 2. 6,25	6,35 mgr CO_2.

4) Athmungsgröße am 18. August. Die Pflanzen waren den gleichen Bedingungen wie bei 3 weiter ausgesetzt gewesen. Kasten «A» hatte somit die letzten 9 Tage im Freien dem Lichte exponirt, Kasten «B» 9 Tage im Halbdunkel gestanden.

Pflanzen aus Kasten «A».		Pflanzen aus Kasten »B«.	
Analyse Nr. 1. 18,95	Mittel	Analyse Nr. 1. 3,95	Mittel
Analyse Nr. 2. 18,65	18,8 mgr CO_2.	Analyse Nr. 2. 3,85	3,9 mgr CO_2.

Es ergiebt sich, unseren Voraussetzungen entsprechend, aus vorstehenden Untersuchungen, daß die von *Borodin* bei Sprossen verschiedener Bäume und Sträucher gefundene Abhängigkeit der Athmungsgröße von der Assimilationsthätigkeit auch für Keimpflanzen voll und ganz zutrifft. Wir werden bei dem dritten Abschnitt der Arbeit sehen, daß dieses auch für die Athmungsintensität der Wurzeln bei assimilirenden Pflanzen der Fall ist, woselbst die betreffenden Experimente noch näher besprochen werden sollen. Dies geschieht nicht schon hier, um Wiederholungen in der Charakteristik der Methode zu vermeiden.

III. Existirt eine durch das Licht induzirte tägliche Periodizität der Pflanzenathmung?

In dem geschichtlichen Theil ist bereits auf die Untersuchungen von *Saikewicz* und *Couvet* hingewiesen, nach denen eine tägliche Periodizität der Wurzelathmung existiren soll. Die Möglichkeit einer solchen ist auch gewiß zuzugeben, vielleicht aber nur bei bestimmten Pflanzen oder für bestimmte Vegetationsbedingungen, denen dieselben ausgesetzt sind.

Wenn die Blätter der Gewächse am Tage lebhaft assimiliren und den Wurzeln reichliche Mengen stickstofffreier Wurzeln zugeführt werden, die unter Vermittelung der lebendigen Eiweißmoleküle des Protoplasmas eine Verathmung erfahren, dann kann dadurch die Kohlensäureproduktion der unterirdischen Organe wesentlich gesteigert werden; nimmt aber mit sinkender Lichtintensität am Abend die Assimilationsgröße ab und hört die Assimilation in der Nacht völlig auf, so liegt die Möglichkeit verminderter Athmung der Wurzeln offenbar vor.

Andererseits ist aber auch hier wieder zu betonen, daß die uns interessirende Frage für konkrete Fälle nicht ohne experimentelle Untersuchungen entschieden werden kann, denn wenn die Assimilation am Tage sehr energisch ist, und die Ableitung des produzirten plastischen Materials schnell genug erfolgt, so wird sich unter Umständen ein bedeutender Ueberschuß desselben in den Wurzeln anhäufen. Unter dieser Voraussetzung stände diesen Organen dann ebenfalls zur Zeit der Nacht eine reichliche Quantität stickstofffreier Körper zur Disposition und ihre Athmungsgröße brauchte kein Sinken erkennen zu lassen.

Abgesehen von den oben geltend gemachten Gesichtspunkten, die für die Denkbarkeit einer täglichen Periodizität der Wurzelathmung sprechen, giebt es noch ganz andere, welche ebenfalls zu der Annahme einer solchen führen dürften.

Wir kennen eine ganze Reihe physiologischer Prozesse, die in ihrem Verlauf eine tägliche Periodizität erkennen lassen. Dahin gehören die Erscheinungen, die in Folge des Wurzeldrucks zur Geltung kommen, die Variationsbewegungen der Blätter von Mimosa pudica und anderer Pflanzen, die durch Wachsthumsvorgänge hergeführten Oeffnungs- und Schließungsbewegungen vieler Blüthen. Induzirt werden alle diese periodisch verlaufenden Prozesse durch den Wechsel der Beleuchtungsverhältnisse, aber die Periodizität dauert noch eine mehr oder minder lange Zeit fort, wenn die zunächst unter normalen Verhältnissen kultivirten Untersuchungsobjekte dauernder Finsterniß oder dauernder Beleuchtung ausgesetzt werden.

Somit ist es denkbar, daß auch die Athmung der Wurzeln unabhängig von der Größe der Zuleitung plastischen Materials aus den Blättern allein in Folge einer periodisch wechselnden Energie des Stoffwechsels eine Periodizität der Athmung besitzen, und es ist ebenso möglich, daß dieselbe bei Sprossen, welche man dauernd verdunkelt, nicht fehlt.

Wir gehen nun dazu über, die Untersuchungsmethoden anzugeben, welche bei der Behandlung unserer Frage in Anwendung kamen.

Eine im Garten in gewöhnlicher Weise gezogene Maispflanze wurde mit Hilfe einer Gießkanne sorgfältig aus dem Boden losgeschlemmt, so daß die Wurzeln, soweit dieses überhaupt möglich, erhalten blieben. Die Pflanze hatte zur Zeit neun große, kräftig ausgebildete Blätter und war über meterhoch. Sie wurde nach dem Ausnehmen in ein hohes Wasserkulturgefäß gesetzt, in dem sie mittelst eines halbirten Korkes und Watte befestigt wurde und in Nährstofflösung im Freien weiter gezogen. Letztere wurde zuweilen erneuert, täglich mit Hilfe einer an der Wasserleitung angebrachten Saugpumpe mehrmals durchlüftet, so daß die Pflanze bald die verlorenen Saugwurzeln neu bildete und sich kräftig weiter entwickelte, fünf neue Blätter und einen männlichen Blüthenstand entwickelte. Die kräftigen Wurzeln füllten bald den größten Theil des Kulturgefäßes aus.

Jetzt wurde die Pflanze zu den Versuchen herangezogen.

Ein halbirter Kork wurde derart in das Innere des Kulturgefäßes geschoben, daß über demselben noch ein Raum von ca. 5 cm Höhe bis zum Rande des Gefäßes vorhanden war. Dieser Kork war vorher mit fünf Bohrungen versehen worden. Durch die erste Bohrung gelangte das Luftzuleitungsrohr (Z Tafel III) in das Innere des Gefäßes, und zwar reichte dasselbe bis an den Boden; da es jedoch schräg abgeschmolzen war, gestattete es der Luft den Eintritt in die Nährlösung.

Die zweite Bohrung nahm das Ableitungsrohr (A) auf und schnitt mit der unteren Fläche des Korkes ab. Die dritte Bohrung diente zur Aufnahme eines Thermometers (T), welches in die Nährstofflösung hineinragte, und in der vierten fand ein mit luftdicht schließendem Glashahn versehenes Trichterrohr (Tr) Platz.

Durch dieses Rohr konnte der Nährstofflösung, wenn ihr durch die transpirirende Pflanze Wasser entzogen wurde, eine neue Menge ausgekochten destillirten Wassers zugeführt werden.

In der fünften, in der Mitte des halbirten Korkes befindlichen Oeffnung war die Pflanze befestigt.

Nach erfolgtem Einsetzen des Korkes und der Pflanze in das Kulturgefäß wurde zunächst eine fingerdicke Schicht dickflüssigen Siegellackes auf den Pfropfen gegossen.

Nur unmittelbar um den Stengel der Maispflanze blieb eine Zone frei.

Die Dichtung konnte hier durch ein bei 37 ^{0} C. schmelzendes Gemisch hergestellt werden, welches durch Zusammenschmelzen von Wachs und Fett bereitet worden war. Mit demselben Gemisch wurde auch noch der ganze Raum bis zum Rande des Kulturgefäßes ausgefüllt.

Dies letztere war stets fast völlig mit Nährstofflösung angefüllt. Ein Ersatz des durch Verdunstung der Maispflanze verloren gegangenen Wassers konnte unter Benutzung des erwähnten Trichterrohres immer leicht bewerkstelligt werden.

Die Außenwand des Kulturgefäßes war, um den Lichtzutritt auszuschließen, mit schwarzem Lack überzogen.

Die Versuche über die Wurzelathmung wurden im Freien an sonnigen Tagen angestellt, so daß die Blätter der Pflanze von $9^1/_2$ bis gegen 4 Uhr direktes Sonnenlicht empfingen.

Das Kulturgefäß tauchte dabei bis oben im Wasser ein, welches sich in einem 30 cm hohen, 30 cm breiten und 60 cm langen Bassin befand.

Die Temperatur dieses Wassers und auch der Nährstofflösung betrug konstant 20 ° C. Mit dem Gaszuleitungsrohr stand ein Schlangenrohr in Verbindung und mit diesem die zur Entkohlensäuerung der einströmenden Luft dienenden Apparate.

Hatte die Luft die Nährstofflösung durchströmt, so trat sie in die Barytröhre und schließlich in den großen Aspirator ein. Die Geschwindigkeit des Luftstromes mußte bei allen Versuchen bedeutend sein, um die durch die Nährstofflösung gegebenen großen Widerstände zu überwinden. Es durchströmten stets 10 l Luft pro Stunde den Apparat. Vor Beginn einer jeden Versuchsreihe wurde 4 Stunden lang Luft durch denselben geleitet, ohne die durch die Wurzelathmung gebildete Kohlensäuremenge zu bestimmen.

Jede Versuchsreihe umfaßte die Zeit von mehreren Tagen[1]).

Die Experimente mußten bei Tag und bei Nacht fortgesetzt werden. Alle zwei Stunden erfolgte die Einschaltung einer neuen Barytröhre und auch die Füllung des Aspirators mit Wasser. Diese konnte sehr schnell (in kaum zwei Minuten) unter Benützung eines an einem Hauptwasserhahn angeschraubten, dicken Schlauches bewerkstelligt werden.

Die mit der beschriebenen Maispflanze zunächst gewonnenen Beobachtungsresultate waren folgende:

Versuch Nr. 1 mit Maispflanze A.

Von $9^1/_2$ bis $3^1/_2$ direktes Sonnenlicht, Temperatur 25 ° C. Luftgeschwindigkeit 12 l pro Stunde.

In zwei Stunden produzirte CO_2.

Tageszeit:			**CO_2.**
23. 8. 92.			
Mittags	11—1	Uhr =	78,65
	1—3	»	80,25
	3—5	»	79,80
	5—7	»	78,25
	7—9	»	77,52
	9—11	»	80,25

[1]) Auch bei diesen Experimenten wurden verschiedentlich Kontrolversuche angestellt, um sicher zu sein, daß bei dem verstärkten Luftstrom keine Kohlensäure in den Apparat dringen konnte. Dieselben lieferten durchaus befriedigende Resultate.

Tageszeit:			CO_2.
23. 8. 92.			
Mitternachts	11—1	Uhr =	77,52
	1—3	»	78,56
	3—5	»	76,62
	5—7	»	82,62
	7—9	»	84,20
	9—11	»	78,56.
24. 8. 92.			
Mittags	11—1	»	82,62
	1—3	»	81,94
	3—5	»	79,80
	5—7	»	79,62
	7—9	»	79,16
	9—11	»	81,12
Mitternachts	11—1	»	79,04
	1—3	»	79,48
	3—5	»	79,52
	5—7	»	80,80
	7—9	»	78,25
	9—11	»	79,16.
25. 8. 92.			
Mittags	11—1	»	78,65.

Versuch Nr. 2. mit Maispflanze A,

nachdem dieselbe vier Tage im Halbdunkel[1]) gestanden. Temperatur 25° C. Luftstromgeschwindigkeit 12 l pro Stunde.

In zwei Stunden produzirte CO_2.

Datum und Tageszeit:			CO_2.
29. 8. 92.			
Abends	9—11	Uhr =	26,8
Mitternachts	11—1	»	24,1
	1—3	»	21,1
	3—5	»	20,4
	5—7	»	18,6
	7—9	»	24,8
	9—11	»	26,5.

[1]) Während dieses 4tägigen Verweilens im Halbdunkel ist die Nährstofflösung vielfach durchlüftet worden.

Datum und Tageszeit:			CO_2.
30. 8. 92.			
Mittags	11—1	Uhr =	28,5
	1—3	»	30,9
	3—5	»	33,9
	5—7	»	35,4
	7—9	»	36,3
	9—11	»	35,7
Mitternachts	11—1	»	35,1.

Aus vorstehenden Zahlen (vergl. Tabelle 1) ist ersichtlich, daß die Athmungsgröße der Maispflanze, so lange sie am Tage sehr günstigen Beleuchtungsverhältnissen ausgesetzt war, sich Tag und Nacht gleich blieb. Die größeren Differenzen, die bei den Zahlen auftreten, im Vergleich zu unseren früheren Versuchsresultaten, erklären sich schon durch die bedeutend erhöhte absolute Menge der gewonnenen Kohlensäure, weiter aus der Unmöglichkeit, bei dem verstärkten Luftstrom, der den Apparat durchstrich, sowie bei den vermehrten Widerständen in letzterem mit derselben Genauigkeit zu arbeiten wie vordem. Trotzdem geht aus den gewonnenen Zahlen zweifellos hervor, daß ein Zusammenhang der Athmungsgröße mit der periodisch erfolgenden Zufuhr des Athmungsmaterials nicht in Erscheinung tritt und daß also eine durch das Licht induzirte Periodizität der Athmung hier nicht existirt.

Als die zweite Versuchsreihe begonnen wurde, nachdem die Pflanze vier Tage lang sehr schlecht beleuchtet worden war, zeigte sich eine gewaltige Verminderung der Athmungsthätigkeit der Wurzeln, die offenbar mit dem Mangel an hinreichendem plastischen Material in Zusammenhang gebracht werden muß. Im Verlaufe des Experimentes sank die Respirationsgröße in der Nacht immer mehr und mehr, um erst am nächsten Morgen, als das Licht eine Zeit lang auf die Blätter eingewirkt hatte und Assimilationsprodukte gebildet worden waren, wieder beträchtlich zu steigen. Hier ist also eine durch das Licht induzirte tägliche Periodizität der Wurzelathmung vorhanden.

Eine solche mag auch bei manchen Gewächsen mit schwacher assimilatorischer Thätigkeit existiren, wenn dieselben durchaus normalen Lebensbedingungen ausgesetzt sind. Beim Mais tritt die tägliche Periodizität

der Wurzelathmung aber auf jeden Fall nur unter ungünstigen Vegetationsverhältnissen (nicht genügend starke Beleuchtung) hervor, weil unter diesen Umständen am Tage kein genügender Ueberschuß plastischen Materials in den Blättern produzirt wird, welcher in der Nacht für die Athmung verwendet werden könnte.

Ich komme somit zu der Ansicht, daß *Saikewicz,* welcher, wie wir erwähnten, ebenfalls mit Maispflanzen experimentirte und dabei eine Periodizität der Wurzelathmung konstatirte, seine Untersuchungsobjekte bei ungünstigen Beleuchtungsverhältnissen kultivirt haben muß.

In unserem Experiment (vergl. Versuch 2) nahm die Athmungsgröße der Maiswurzeln schon in der Nacht des zweiten Versuchstages nicht mehr ab, nachdem die Blätter nur während eines Tages beleuchtet gewesen waren.

An die vorstehenden Versuche schlossen sich solche mit einer gänzlich in Wasserkultur gezogenen, noch jungen Maispflanze an, die jedoch nicht im Freien, sondern an einem nach Süden gelegenen Fenster, übrigens in genau derselben Weise, wie es oben angegeben ist, ausgeführt wurden.

Versuch Nr. 3 mit Maispflanze B.

Nur in der Mittagszeit direktes Sonnenlicht. Temperatur 20° C. Luftstromgeschwindigkeit 10 l pro Stunde.

In zwei Stunden produzirte CO_2.

Tageszeit:			CO_2.
Mittags	12—2	Uhr =	10,65
	2—4	»	10,80
	4—6	»	10,95
	6—8	»	10,65
	8—10	»	10,20
	10—12	»	9,75
Mitternachts	12—2	»	9,45
	2—4	»	9,15
	4—6	»	8,55
	6—8	»	7,80
	8—10	»	7,85
	10—12	»	8,25.

Tageszeit.			CO_2.
Mittags	12—2	Uhr =	7,95
	2—4	»	8,25
	4—6	»	8,95
	6—8	»	8,55
	8—10	»	8,40
	10—12	»	7,95
Mitternachts	12—2	»	7,80
	2—4	»	7,35
	4—6	»	7,80
	6—8	»	7,95
	8—10	»	8,60
	10—12	»	7,85
Mittags	12—2	»	7,65.

Von einer täglichen Periodizität der Wurzelathmung ist auch hier wieder nichts deutlich zu erkennen, die Athmungsgröße sinkt vom Beginn des Versuchs fast kontinuirlich bis zum Schluß desselben. Die Pflanze war, wie erwähnt, noch relativ jung; sie wurde nicht im Freien, sondern im Zimmer untersucht und diese Umstände mußten auf die Bildung verhältnißmäßig geringer Mengen von Assimilationsprodukten am Tage hinwirken. Das plastische Material mag genügt haben, um die Athmungsgröße der oberirdischen Theile auf konstanter Höhe zu erhalten; bezüglich der Wurzelathmung war gleiches auf jeden Fall nicht möglich, weshalb sich eben das allmähliche Sinken derselben geltend machte.

Es ist schon früher auf die Möglichkeit hingewiesen worden, daß Pflanzentheile, die zunächst normalen Lebensbedingungen ausgesetzt waren und dauernd in's Dunkle gelangen, allein in Folge periodischen Verlaufes von Stoffwechselprozessen eine tägliche Periodizität der Athmung unterhalten[1]).

Die vorstehenden Beobachtungen machen es freilich unwahrscheinlich, daß eine derartige Periodizität thatsächlich existirt; es sind aber doch noch weitere Versuche zur Prüfung der bezeichneten Möglichkeit ausgeführt worden.

[1]) Also dieser periodische Verlauf könnte ja allerdings vorher durch den Beleuchtungswechsel induzirt sein.

Zunächst wurden im Laufe des Sommers Zweige von Abies excelsa abgeschnitten und nach der im Abschnitt II beschriebenen Methode bei völligem Lichtausschluß untersucht.

Versuch mit Zweigen von Abies excelsa,

50 gr, Temperatur 20° C., Luftstromgeschwindigkeit 3 Liter pro Stunde. In zwei Stunden produzirte CO_2.

Tageszeit:				
Mittags	11—1 Uhr	= 28,95	mgr	CO_2
	1—3 »	29,10	»	»
	3—5 »	28,80	»	»
	5—7 »	29,10	»	»
	7—9 »	28,95	»	»
	9—11 »	29,25	»	»
Mitternachts	11—1 »	28,75	»	»
	1—3 »	28,80	»	»
	3—5 »	28,15	»	»
	5—7 »	27,95	»	»
	7—9 »	27,45	»	»
	9—11 »	27,0	»	»
Mittags	11—1 »	26,4	»	»
	1—3 »	25,8	»	»
	3—5 »	25,65	»	»
	5—7 »	25,35	»	».

Weiter experimentirte ich mit beblätterten Sprossen von Syringa vulgaris, deren Athmungsgröße ebenfalls im Dunkeln bestimmt wurde.

Versuch mit beblätterten Sprossen von Syringa vulgaris,

50 gr, Temperatur 20° C.

Abends	9—11 Uhr	= 49,6	mgr	CO_2
	11—1 »	49,65	»	»
	1—3 »	49,86	»	»
	3—5 »	49,35	»	»
	5—7 »	48,3	»	»
	7—9 »	48,0	»	»
	9—11 »	48,75	»	»

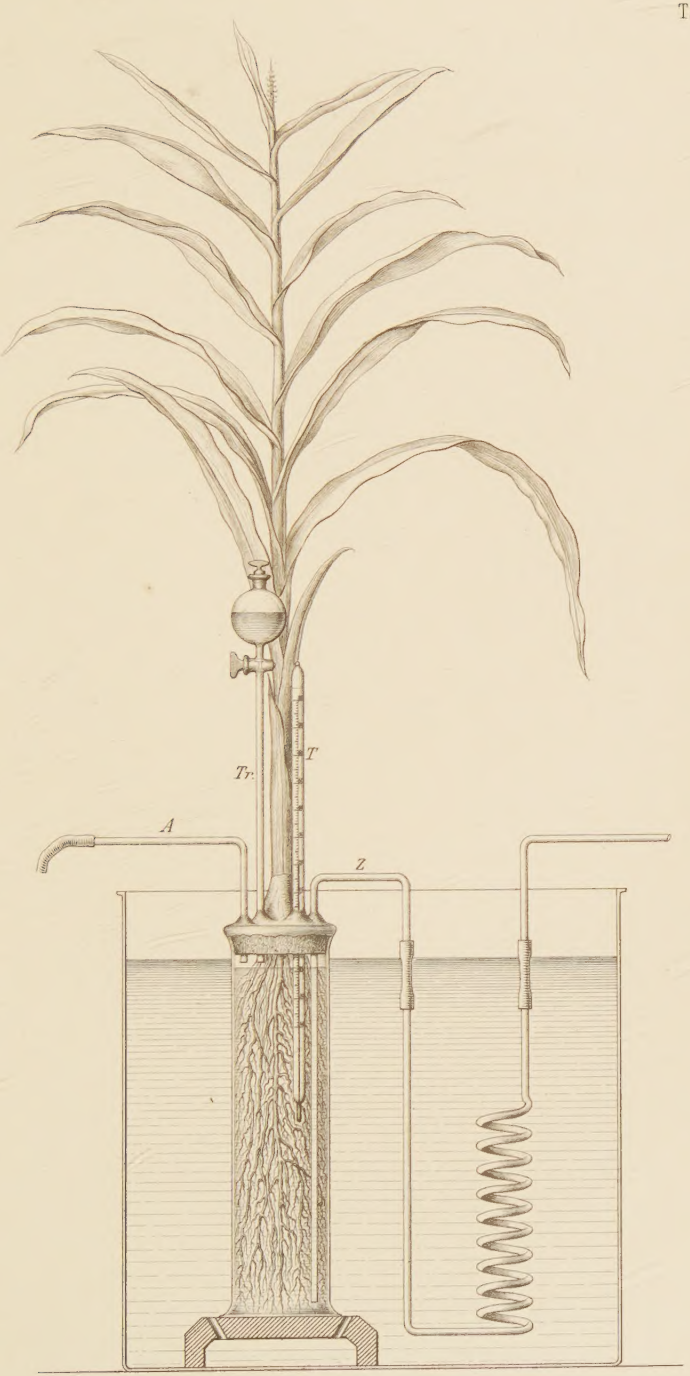
Tageszeit:

Mittags	11—1	Uhr	= 48,0	mgr	CO_2
	1—3	»	47,04	»	»
	3—5	»	46,8	»	»
	5—7	»	45,3	»	»
	7—9	»	45,45	»	»
Abends	9—11	»	45,15	»	».

Aus diesen Experimenten mit Sprossen von Abies und Syringa ergiebt sich, daß eine durch periodischen Wechsel des Stoffwechsels herbeigeführte Athmungsperiode nicht existirt.

In Uebereinstimmung mit den im zweiten Abschnitt gewonnenen Resultaten lehren aber auch diese Experimente wieder, daß das Licht einen indirekten Einfluß auf die Athmungsgröße der Pflanzen geltend macht. Wir sehen immer, wie die Kohlensäureproduktion der in's Dunkle gebrachten Untersuchungsobjekte allmählich mehr und mehr sinkt, eine Erscheinung, die, wie früher schon erörtert worden ist, mit dem fortschreitenden Verbrauch des den Zwecken der Athmung dienenden plastischen Materials im Zusammenhang steht.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.